

## Fiber structure for fiber reinforced composite material and method of making fiber reinforced composite material

**Patent number:** EP0806285

**Publication date:** 1997-11-12

**Inventor:** KUDE YUKINORI (JP); SOHDA YOSHIO (JP)

**Applicant:** NIPPON OIL CO LTD (JP)

**Classification:**

- **international:** B29C70/08

- **european:** B29C70/10

**Application number:** EP19970303143 19970508

**Priority number(s):** JP19960113418 19960508

**Also published as:**

 EP0806285 (A3)

 EP0806285 (B1)

**Cited documents:**

 US4090002

 GB2088914

 EP0373379

### Abstract of EP0806285

Provided is a process for making a fiber structure for fiber reinforced composite material in which differences between the inner side and the outer surface side are given in the mechanical and thermal properties which comprises the steps of: preparing a fiber structure constituted integrally by reinforcing fibers and non-reinforcing fiber; and subjecting the fiber structure to a physical or chemical treatment to substantially remove or modify the non-reinforcing fibers.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12) Übersetzung der  
europäischen Patentschrift  
97 EP 0 806 285 B 1  
10) DE 697 07 748 T 2

51) Int. Cl. 7:  
B 29 C 70/08  
E 04 C 5/00  
D 03 D 1/00

DE 697 07 748 T 2

- 21) Deutsches Aktenzeichen: 697 07 748.9  
96) Europäisches Aktenzeichen: 97 303 143.8  
96) Europäischer Anmeldetag: 8. 5. 1997  
97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 12. 11. 1997  
97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 31. 10. 2001  
47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 20. 6. 2002

- 30) Unionspriorität:  
11341896 08. 05. 1996 JP  
73) Patentinhaber:  
Nippon Mitsubishi Oil Corp., Tokio/Tokyo, JP  
74) Vertreter:  
Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München  
84) Benannte Vertragstaaten:  
DE, FR, GB

- 72) Erfinder:  
Kude, Yukinori, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, JP;  
Sohda, Yoshio, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, JP

54) Faserstruktur für faserverstärktes Verbundmaterial und Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten  
Verbundmaterials

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen  
das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen  
und zu begründen. Er gilt erst als eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden  
ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht  
worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 697 07 748 T 2

16.01.02

97 303 143.8

EP 0 806 285

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

### Bereich der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Faserstruktur für faserverstärktes Kompositmaterial und ein Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Kompositmaterialien.

### Stand der Technik

Faserverstärkte Kompositmaterialien oder Verbundmaterialien besitzen ein niedriges Gewicht und sind bezüglich der Steifheit und der Elastizität sowie den thermischen Eigenschaften wesentlich verbessert, um die thermische Leitfähigkeit zu erhöhen oder die thermische Ausdehnung zu erniedrigen, und werden in weitem Umfang als industrielle Materialien verwendet.

Allerdings sind in herkömmlichen faserverstärkten Kompositmaterialien die Anzahl und die Anordnung der Faserachsen fixiert, so dass es bezüglich der Eigenschaften der Faserstruktur zwischen der Innenseite und der äußeren Oberflächenseite keinen Unterschied gibt.

Folglich sind beispielsweise die Steifheit und die thermischen Eigenschaften solcher herkömmlicher faserverstärkter Kompositmaterialien konstant und variieren nicht zwischen der Innenseite und der äußeren Oberflächenseite.

Wenn das herkömmliche faserverstärkte Kompositmaterial mit einem weiteren Material verbunden wurde, bleibt seine Bindungsstärke niedrig, was auf seinen geringeren Betrag der thermischen Ausdehnung oder seinen höheren Elastizitätsbetrag zurückzuführen ist. Es ist auch schwierig, einen gewünschten Betrag der thermischen Leitfähigkeit entlang einer Richtung über die oberflächennahen Bereiche hinweg zu erhalten.

Herkömmliche Arten eines unidirektional faserverstärkten Kompositmaterials benötigen eine beträchtliche Menge an Arbeit, um die Fasern in eine bestimmte Richtung auszurichten. Es ist sehr schwierig, unidirektional faserverstärkte Kompositmaterialien zu erzeugen, die bezüglich der Faserbeladung einheitlich sind.

Das europäische Patent Nr. 0 373 379 offenbart die Verwendung von nicht verstärkenden Fasern zusammen mit verstärkenden Fasern und die Entfernung der nicht verstärkenden Fasern vor der Bildung einer Matrix, folglich die Bereitstellung von Durchgängen, um die Matrix problemlos einzuführen.

Im US-Patent Nr. 4,090,002 wird eine faserverstärkte Kunststoffstruktur erhalten, indem Fasern in einer Richtung um einen oder mehrere Abstandshalter, die zu den Fasern gewinkelt angebracht sind, gewebt werden.

#### Aufgabe der Erfindung

Die vorliegende Erfindung ist darauf ausgerichtet, die vorstehend genannten Nachteile von herkömmlichen faserverstärkten Kompositmaterialien abzuschwächen, und ihre Aufgabe ist es, ein Verfahren zur Herstellung einer Faserstruktur für faserverstärktes Kompositmaterial bereitzustellen, in dem Unterschiede zwischen der Innenseite und der äußeren Oberflächenseite bezüglich den mechanischen und thermischen Eigenschaften vorliegen, indem das Ausmaß der Faserverstärkung zwischen den Außen- und Innenseiten variiert wird.

16.01.03

Weiterhin ist es eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines unidirektional faserverstärkten Kompositmaterials bereitzustellen, das einfach ist und niedrige Herstellungskosten aufweist, indem die Nachteile herkömmlicher Arten eines unidirektional faserverstärkten Kompositmaterials überwunden werden.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Ein Verfahren zur Herstellung einer Faserstruktur für faserverstärktes Kompositmaterial gemäß der vorliegenden Erfindung wird durchgeführt, indem eine Faserstruktur, die vollständig aus verstärkenden Fasern und nicht verstärkenden Fasern gebildet wird, einer physikalischen oder chemischen Behandlung unterzogen wird, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren.

Außerdem wird ein Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Kompositmaterials gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführt, indem eine Faserstruktur, die vollständig durch verstärkende Fasern und nicht verstärkende Fasern gebildet wird, einer physikalischen oder chemischen Behandlung vor oder nach dem Imprägnieren der Faserstruktur mit einer Matrix unterzogen wird, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren.

Die in Anspruch 10 der vorliegenden Erfindung definierte Faserstruktur kann ausgewählt werden aus einem im Wesentlichen unidirektionalen Gewebe, in dem Schussfäden eine niedrigere Dichte als Kettfäden aufweisen, einer zweidimensional gewebten Struktur, einer dreidimensional gewebten Struktur, einer Netzwerkstruktur und einer laminierten Struktur.

Die dreidimensional gewebte Struktur ist ein Gewebematerial, das mit verstärkenden Fasern oder einer Kombination von verstärkenden und nicht verstärkenden Fasern dreidimensional verwebt ist und kann ein-, zwei-, drei-, vier- oder mehrachsige Litzenstrukturen wie Borten bzw. Litzen umfassen.

Die zweidimensional verwebte Struktur ist ein Gewebematerial, das mit verstärkenden Fasern oder einer Kombination von verstärkenden und nicht verstärkenden Fasern zweidimensional verwebt ist und kann ein-, zwei-, drei-, vier- oder mehrachsige Litzenstrukturen umfassen.

Die in der vorliegenden Erfindung definierte Faserstruktur kann eine Netzwerkstruktur, wie z.B. eine Masche bzw. ein Netz, sein, hergestellt durch Überlappen von verstärkenden Fasern entlang zwei, drei oder mehr Faserachsen unter Bildung einer Matrixkonstruktion und deren Verbinden an jedem Kreuzungspunkt mit einem thermoplastischen Harz.

Die vorliegende Erfindung liefert ein Verfahren gemäß Anspruch 1 zur Herstellung eines faserverstärkten Kompositmaterials oder einer Faserstruktur für ein faserverstärktes Kompositmaterial aus einer Kombination von bevorzugt zwei oder mehr ein-, zwei- und dreiachsigem, zwei- oder dreidimensionalen Geweben, so dass die mechanischen und thermischen Eigenschaften und, falls benötigt, die elektrischen Eigenschaften in bestimmten Bereichen verändert werden. Noch bevorzugter ist die Faserstruktur kontinuierlich in zumindest einer der Mehrfachfaserachsen, die variabel sind, so dass sie in der Richtung intensiv verstärkt wird. Dies erleichtert eine radikale Änderung der Eigenschaft, die sich aus jeder Grenzfläche in der Faserstruktur ergibt.

Die in der vorliegenden Erfindung definierte physikalische oder chemische Behandlung kann ein Verfahren sein, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren, während die Form und die Eigenschaften der verstärkenden Fasern praktisch beibehalten werden.

Konkreter wird das Verfahren ausgewählt aus einer thermischen Behandlung wie Karbonisierung oder Erwärmung, einer Oxidationsbehandlung wie Verbrennen oder Verwenden von Oxidationsmitteln, einer Reduktionsbehandlung unter Verwendung von Reduktionsmit-

16.01.02

teln, einer Säurebehandlung, z.B. unter Verwendung von Schwefelsäure oder Salpetersäure, einer alkalischen Behandlung, z.B. unter Verwendung von Natriumhydroxid oder Kaliumhydroxid, einer Lösungsmittelbehandlung wie Solubilisierung und einer elektrischen Behandlung wie Elektrolyse.

Die physikalische oder chemische Behandlung wird durch jede beliebige Kombination von Ultraschall-, Erwärmungs-, Abkühlungs-, Druckerhöhungs- und Druckerniedrigungsverfahren unterstützt.

Das Verfahren für die wesentliche Entfernung oder Modifizierung der nicht verstärkenden Fasern wird durchgeführt, indem im Allgemeinen 50 Gew.-% oder mehr der Bestandteile der nicht verstärkenden Faser, bevorzugt 60 Gew.-% oder mehr, noch bevorzugter 80 Gew.-% oder mehr, durch Wärmebehandlung, chemische Zersetzung oder Karbonisierung entfernt werden, so dass die intrinsischen physikalischen Eigenschaften der nicht verstärkenden Fasern teilweise oder vollständig beseitigt werden.

Die in Anspruch 10 der vorliegenden Erfindung definierte verstärkende Faser kann ein Fasermaterial sein, das durch die vorgeschriebene physikalische oder chemische Behandlung im Wesentlichen nicht entfernt oder modifiziert wird und, noch konkreter, in den physikalischen Eigenschaften nicht wesentlich verändert wird.

Noch konkreter wird die verstärkende Faser in Abhängigkeit von der Art der zu verwendenden physikalischen oder chemischen Behandlung aus einer organischen Faser, keramischen Faser, Kohlenstofffaser und metallischen Faser ausgewählt.

Der Abstand zwischen zwei beliebigen, benachbarten verstärkenden Fasern beträgt 0 mm bis 100 mm, bevorzugt 0 m bis 10 mm. Die verstärkende Faser kann verdrillt, entdrillt oder nicht verdrillt sein. Die Anzahl der Verdrillungen kann 0,1 bis 20 pro Meter betragen. Im Fall der nicht verdrillten Art wird ein Splitfaden bzw. Splitgarn verwendet.

Der Durchmesser der verstärkenden Faser kann 4 bis 30 Mikrometer und bevorzugt 6 bis 15 Mikrometer betragen. Die verstärkenden Fasern können zu 100 bis 100.000 oder bevorzugt 500 bis 80.000 gebündelt sein. Die verstärkende Faser kann ein naturfarbenes Material sein.

Die organische Faser wird ausgewählt aus Nylonfaser, Polyacrylnitrilfaser, Aramidfaser, Polyethylenfaser, Teflonfaser und ähnlichen, die gegenüber dem Entfernen oder der Modifikation durch elektrolytische oder Säurebehandlung resistent sind.

Die keramische Faser wird ausgewählt aus Siliziumcarbidfaser, Aluminiumoxidfaser, Glasfaser, Titancarbidfaser, Kaliumnitridfaser und ähnlichen, das bezüglich dem Entfernen oder der Modifikation durch Säure- oder Oxidationsbehandlung resistent ist.

Die Kohlenstofffaser wird ausgewählt aus solchen, die aus Erdölpech, Kohlepech, Polyacrylnitril, Kunstseidefasern und ähnlichen erhalten werden und gegenüber dem Entfernen oder der Modifikation durch Säure- oder Karbonisierungsbehandlung resistent sind. Unsenschmelzbar gemachte Faser und vorkarbonisierte Faser, die eine Vorstufenfaser der Kohlenstofffaser darstellen, können ebenso verwendet werden.

Die metallische Faser wird beispielsweise ausgewählt aus Edelstahlfaser, Kupferfaser, Aluminiumfaser, Nickelfaser, Titanfaser, Wolframfaser und ähnlichen, die gegenüber dem Entfernen oder der Modifikation durch Wärmebehandlung wie Verbrennen oder Karbonisieren resistent sind.

Die verstärkende Faser kann eine beliebige der oben genannten Fasern sein, die ein niedriges Gewicht aufweist, chemisch und physikalisch relativ stabil ist und bezüglich der thermischen Leitfähigkeit und Elastizität verbessert ist.

Die verstärkende Faser kann eine Kombination von zwei, drei oder mehr der oben genannten Fasern sein.

Die verstärkende Faser kann eine beliebige Kombination der oben erwähnten Fasern sein, in denen gewünschte Bereiche von dem verbleibenden Bereich separat abgegrenzt bzw. unterschieden werden.

Die in der vorliegenden Erfindung definierte nicht verstärkende Faser ist eine Faser, die durch die vorgeschriebene physikalische oder chemische Behandlung im Wesentlichen entfernt oder modifiziert werden kann, und kann bevorzugt eine Faser sein, deren physikalische Eigenschaften durch die Behandlung wesentlich verändert werden.

Bevorzugt ist die nicht verstärkende Faser eine Faser, die problemlos mit der verstärkenden Faser verwebt werden kann, und hat normalerweise eine Zugfestigkeit von 10 MPa - 10 GPa, bevorzugt 40 MPa - 10 GPa, bevorzugter 50 MPa - 10 GPa und am meisten bevorzugt 100 MPa - 8 GPa.

Der Durchmesser der nicht verstärkenden Faser beträgt 4 bis 30 Mikrometer und bevorzugt 6 bis 15 Mikrometer. Wenn eine Vielzahl von nicht verstärkenden Fasern in einer Anzahl von 1 bis 10.000 oder bevorzugt 500 bis 5.000 gebündelt werden, beträgt der Durchmesser des resultierenden Bündels im Allgemeinen 4 bis 5.000 Mikrometer oder bevorzugt 500 bis 2.500 Mikrometer.

Der Abstand zwischen zwei beliebigen, benachbarten nicht verstärkenden Fasern weist eine solche Länge auf, dass die verstärkenden Fasern durch die nicht verstärkenden Fasern miteinander verbunden werden können und dass die Faserstruktur mit einer Matrix imprägniert wird und kann bevorzugt 0 bis 200 mm oder noch bevorzugter 0 bis 50 mm betragen. Ist der Abstand zwischen Kettfäden kleiner als der oben genannte Bereich, wird die Imprägnierung der Matrix abnehmen, was den Verstärkungseffekt erniedrigt. Ist der Abstand größer

als der oben genannte Bereich, wird die Bindungsstärke der verstärkenden Fasern abnehmen, was die Wirksamkeit der Herstellung senkt.

Die nicht verstärkenden Fasern werden durch die Behandlung im Wesentlichen entfernt oder modifiziert, so dass ihre Funktion als Faser zwar aufgehoben, aber nicht vollständig eliminiert wird. Die verbleibenden nicht verstärkenden Fasern können im Allgemeinen weniger als 50 Gew.-%, bevorzugt 40 Gew.-% oder noch bevorzugter 20 Gew.-% betragen.

In Abhängigkeit von der Art der zu verwendenden Behandlung wird die nicht verstärkende Faser ausgewählt aus organischen Fasern, Kohlenstofffasern und metallischen Fasern.

Normalerweise wird die nicht verstärkende Faser aus Fasern ausgewählt, die zu einer Klasse gehören, die sich von derjenigen der zu kombinierenden verstärkenden Fasern unterscheidet. Ist beispielsweise die verstärkende Faser eine Kohlenstofffaser, wird bevorzugt eine organische Faser oder eine metallische Faser ausgewählt. Tabelle 1 zeigt die bevorzugten Kombinationen.

Tabelle 1

	verstärkende Faser	nicht verstärkende Faser
1	Kohlenstofffaser	organische Faser, metallische Faser
2	keramische Faser	organische Faser, metallische Faser, Kohlenstofffaser
3	organische Faser	metallische Faser
4	metallische Faser	organische Faser, Kohlenstofffaser

Die organische Faser wird ausgewählt aus synthetischen Fasern einschließlich Nylonfaser, Polyacrylnitrilfaser, Aramidfaser und Polyethylenfaser, natürlichen Fasern einschließlich Baumwollfasern und Seidenfasern, und deren Kombinationen, die durch Zersetzung bei Säurebehandlung oder Verbrennen bei thermischer Behandlung leicht entfernt oder karbonisiert werden können.

Die Kohlenstofffaser wird aus denjenigen ausgewählt, die aus Erdölpech, Kohlepech, Polyacrylnitril, Kunstseidefasern und ähnlichen erhalten werden, die durch Säurebehandlung oder andere Behandlung leicht entfernt oder modifiziert werden können. Die Kohlenstofffaser umfasst unschmelzbar gemachte Fasern und vorkarbonisierte Fasern.

Die metallische Faser wird beispielsweise ausgewählt aus Aluminiumfaser, Nickelfaser, eisenhaltiger Faser, Zinkfaser und Kupferfaser, die durch Säure- oder Alkalibehandlung leicht entfernt oder modifiziert werden können.

Die nicht verstärkende Faser kann in Abhängigkeit von der Art der Behandlung jede beliebige Kombination der oben genannten Fasern sein und am meisten bevorzugt eine beliebige organische Faser. Beispielsweise wird ein durch eine nicht organische Faser verstärktes Kompositmaterial, in dem die Innenseite und die äußere Oberflächenseite bezüglich den physikalischen Eigenschaften unterschiedlich sind, durch Wärmebehandlung der verstärkenden Fasern aus Kohlenstoffmaterial und der nicht verstärkenden Fasern aus Aramidmaterial hergestellt. Dieses Kompositmaterial wird verbessert, da das Verweben der verstärkenden Fasern erleichtert wird, wodurch eine Fähigkeit zur Beibehaltung der Form geliefert wird, da das Entweichen der Matrix während des Imprägnierens der Matrix vor der Zersetzung der Aramidfasern durch Erwärmung auf über 800 °C verhindert wird und da die Aramidfasern, wenn sie durch Wärmebehandlung zersetzt werden, selten die Funktion der verstärkenden Fasern bereitstellen und die mechanischen, thermischen und elektromagnetischen Eigenschaften des Materials beeinflussen.

Die nicht verstärkenden Fasern verschiedener organischer Materialien unterscheiden sich voneinander in der zur thermischen Zersetzung gehörenden Zersetzungstemperatur, dem Einfluss der verbleibenden Bestandteile in dem faserverstärkten Kompositmaterial auf die physikalischen Eigenschaften und dem Widerstand gegenüber der chemischen Behandlung wie z.B. Säurebehandlung. Folglich können in Abhängigkeit von der Art der Matrix, den

physikalischen oder chemischen Bedingungen und der thermischen Vorgeschichte bei der Herstellung eine Vielzahl von organischen Fasern selektiv verwendet werden.

Die Faserstruktur der nicht verstärkenden Fasern und der verstärkenden Fasern kann erstellt werden, indem die verstärkenden Fasern auf ein drei- oder zweidimensional verwobenes Hauptgewebe und die nicht verstärkenden Fasern auf Gewebezusätze, verwoben entlang gewünschten Faserachsen, übertragen werden oder umgekehrt.

Es kann auch jede andere geeignete Kombination verwendet werden, beispielsweise die verstärkenden Fasern eines Kohlenstoffmaterials und die nicht verstärkenden Fasern eines organischen Materials, die karbonisiert werden können, die verstärkenden Fasern eines keramischen Materials und die nicht verstärkenden Fasern eines Kohlenstoffmaterials, die durch Oxidation entfernt werden können, die verstärkenden Fasern eines Kohlenstoffmaterials und die nicht verstärkenden Fasern eines metallischen Materials, die unter Verwendung von Säure zersetzt werden können, oder die verstärkenden Fasern eines metallischen Materials und die nicht verstärkenden Fasern eines organischen Materials, die karbonisiert werden können.

Ein ebenes Netz oder eine ebene Schicht bzw. ein ebener Bogen der Faserstruktur, wie z.B. ein unidirektionales Material oder ein zweidimensional verwobenes Gewebe für faserverstärktes Kompositmaterial, kann hergestellt werden durch Laminierung von Prepregs, imprägniert mit oder ohne ein Matrixharz, wie z.B. ein thermoplastisches Harz oder ein wärmehärtbares Harz, und indem eine resultierende laminierte Struktur den Schritten der Imprägnierung des Matrixharzes, falls nicht imprägniert, dem Härten mit oder ohne Wärmebehandlung und der physikalischen oder chemischen Behandlung, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren, unterzogen wird.

10.01.02

Das unidirektionale Material oder das zweidimensional verwobene Gewebe kann durch jedes bekannte Webverfahren, wie z.B. Leinenweben, Körperweben bzw. Twillweben oder Satinweben, hergestellt werden.

Die Faserstruktur für faserverstärktes Kompositmaterial und das faserverstärkte Kompositmaterial gemäß der vorliegenden Erfindung können bevorzugt ein langes Gewebe mit einer Länge von mehr als 10 mm oder eine Kombination eines langen und eines kurzen Gewebes sein.

Die aus zweidimensional verwobenen Geweben oder Netzgeweben bestehende laminierte Struktur kann ein Faservlies, wie z.B. einen dazwischen gelegten Filz, aufweisen.

Das faserverstärkte Kompositmaterial gemäß der vorliegenden Erfindung kann an bestimmten Bereichen mit einer Kombination der verstärkenden Fasern und der nicht verstärkenden Fasern bereitgestellt werden. Während der Bereich von der Größe des Materials abhängt, kann seine Dicke mindestens 0,2 cm, bevorzugt mehr als 2 cm und bevorzugter über 20 cm betragen. Das Maximum der Dicke ist nicht in irgendeiner Weise begrenzt, kann aber 100 cm oder kleiner und bevorzugt weniger als 50 cm betragen.

Die Grenzfläche, an der die Anzahl der Faserachsen der verstärkenden Fasern in der Faserstruktur verschoben bzw. verlagert wird, ist willkürlich geformt und kann eben oder gekrümmmt sein.

Die Innenseite der Faserstruktur oder des faserverstärkten Kompositmaterials gemäß der vorliegenden Erfindung bedeckt alle Bereiche bzw. Flächen in einem Volumen des Materials mit einer gewünschten Form.

Die Innenseite des faserverstärkten Kompositmaterials der vorliegenden Erfindung kann ein dreidimensional verwobenes, dreiachsiges faserverstärktes Kompositmaterial oder ein drei-

dimensional verwobenes, zweiachsiges faserverstärktes Kompositmaterial beinhalten. Während die Innenseite des Materials höhere mechanische und thermische Eigenschaften aufweist, besteht die äußere Oberflächenseite eines gewünschten Bereichs aus einem dreidimensional verwobenen, einachsigen faserverstärkten Kompositmaterial. Folglich wird eine resultierende, aus einem Stück bestehende Struktur des faserverstärkten Kompositmaterials, bei der die Anzahl der Faserachsen zwischen der Außenseite und der Innenseite unterschiedlich ist, mit verbesserten mechanischen und thermischen Eigenschaften bereitgestellt.

Das faserverstärkte Kompositmaterial besteht überwiegend aus den verstärkenden Fasern und der Matrix.

Die Matrix dient als ein essenzieller Bestandteil des faserverstärkten Kompositmaterials für das Verbinden oder Zusammenhalten der Fasern. Die Matrix bestimmt die Orientierung und Ausrichtung der verstärkenden Fasern und trägt zur Qualität des faserverstärkten Kompositmaterials bei.

Die Matrix kann aus bekannten Mitteln ausgewählt werden, die für herkömmliche faserverstärkte Kompositmaterialien verwendet werden, und ist bevorzugt eine, die durch die oben beschriebene physikalische oder chemische Behandlung kaum wesentlich entfernt oder modifiziert werden kann. Beispielsweise wird eine organische, keramische, Kohlenstoff- oder metallische Matrix erfolgreich verwendet.

Die organische Matrix kann ein thermoplastisches Harz oder ein wärmehärtbares Harz sein. Noch konkreter wird die organische Matrix ausgewählt aus Epoxyharz, Phenolharz, Furanharz, Harnstoffharz, Nylonharz, Erdölpech, Teerpech und synthetischem Pech.

Die keramische Matrix wird ausgewählt aus Siliziumcarbid, Siliziumnitrid, Borcarbid, Bornitrid, Aluminiumoxid, Yttriumoxid, Zirkoniumdioxid und Murit.

16.01.03

Die metallische Matrix wird ausgewählt aus verschiedenen Metallen wie Kupfer, Aluminium, Niob, Wolfram, Nickel und Titan, Legierungen wie Weißkupfer, Messing und Edelstahl, und intermetallischen Verbindungen wie Titan-Aluminium und Niob-Aluminium.

Es ist bekannt, dass die Kohlenstoffmatrix gegenüber der physikalischen oder chemischen Behandlung stabil ist und dass sie mit den Fasern leicht ausgerichtet werden kann, wodurch sie zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des faserverstärkten Kompositmaterials beiträgt. Am meisten bevorzugt wird die Kohlenstoffmatrix verwendet.

Die Kohlenstoffmatrices haben in Abhängigkeit von ihren Herstellungsverfahren unterschiedliche Eigenschaften. Sie können durch eine Technik der thermischen Zersetzung von organischen Materialien hergestellt werden, die in zwei Arten eingeteilt wird. Eine der beiden Arten beinhaltet die thermische Zersetzung von wärmehärtbarem Harz, nämlich Phenolharz oder Furanharz. Die andere Art ist die thermische Zersetzung von thermoplastischem Harz, nämlich Erdölpech oder Kohlepech. Die Kohlenstoffmatrix kann auch durch Dampfabscheidung von z.B. Methan, Propan, Butan, Kohlenstofftetrachlorid oder Benzol hergestellt werden.

Die Matrix für die Verwendung in dem erfindungsgemäßen faserverstärkten Kompositmaterial wird folglich aus einem weiten Bereich anwendbarer Mittel ausgewählt, die unabhängig voneinander oder in Kombination verwendet werden können.

In der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, dass die Faserstruktur mit der Matrix imprägniert wird und dann einer physikalischen oder chemischen Behandlung unterzogen wird, um die Kontrolle der Ausrichtung der verstärkenden Fasern zu erleichtern. Die Faserstruktur kann jedoch mit der Matrix imprägniert werden, nachdem sie der Behandlung unterzogen wurde, wenn die Matrix eingesetzt wird, die gegenüber der Behandlung nicht stabil ist.

Unterzieht man die Faserstruktur der physikalischen oder chemischen Behandlung, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren, werden die mechanischen und thermischen Eigenschaften oder die elektromagnetischen Eigenschaften in dem faserverstärkten Kompositmaterial der vorliegenden Erfindung zwischen der Innenseite und der äußeren Oberflächenseite des Materials verändert.

Noch konkreter wird das faserverstärkte Kompositmaterial der vorliegenden Erfindung durch eines der folgenden Verfahren hergestellt.

Ein Verfahren zur Herstellung des faserverstärkten Kompositmaterials umfasst das Imprägnieren eines dreidimensional verwobenen Gewebes, das vollständig durch die verstärkenden Fasern und die nicht verstärkenden Faser gebildet wird, mit einer Matrix und das Unterziehen des Gewebes der physikalischen oder chemischen Behandlung, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren. Beispielsweise beinhaltet zumindest eine oder beinhalten mehrere äußere Oberflächen der Faserstruktur ein dreidimensional angeordnetes, unidirektionales Material, ein dreidimensional verwobenes, einachsiges Gewebe oder ein dreidimensional verwobenes, während die Innenseite, integriert angeordnet mit den äußeren Oberflächen, ein dreidimensional verwobenes, dreivier- oder mehrachsiges Gewebe darstellt, wie in Abb. 1 gezeigt wird, wodurch unterschiedliche physikalische Eigenschaften zwischen der äußeren Oberflächenseite und der Innenseite ermöglicht werden.

Ein anderes Verfahren zur Herstellung des faserverstärkten Kompositmaterials umfasst das Imprägnieren einer laminierten Struktur von zweidimensional verwobenen Gewebeschichten, vollständig gebildet aus den verstärkenden Fasern und den nicht verstärkenden Fasern, mit einer Matrix und das Unterziehen der laminierten Struktur einer physikalischen oder chemischen Behandlung, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren. Beispielsweise beinhaltet zumindest eine oder beinhalten mehrere der äußeren Oberflächen der laminierten Struktur eine im Wesentlichen unidirektionale Schicht,

10.01.02

während die Innenseite, integriert angeordnet mit den äußereren Oberflächen, aus zweidimensional verwobenen, zwei- oder dreiachsigem Gewebeschichten besteht, was unterschiedliche physikalische Eigenschaften zwischen der äußeren Oberflächenseite und der Innenseite ermöglicht.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung des faserverstärkten Kompositmaterials umfasst das Imprägnieren einer Netzwerkstruktur, vollständig bestehend aus den verstärkenden Fasern und den nicht verstärkenden Fasern, mit einer Matrix und dem Unterziehen der Netzwerkstruktur einer physikalischen oder chemischen Behandlung, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren. Beispielsweise beinhaltet zumindest eine oder beinhalten mehrere der äußeren Oberflächen der Netzwerkstruktur eine im Wesentlichen unidirektionale Schicht, während die Innenseite, integriert angeordnet mit den äußereren Oberflächen, aus zwei- oder dreiachsigem Netzsichten besteht, was folglich unterschiedliche physikalische Eigenschaften zwischen der äußeren Oberflächenseite und der Innenseite ermöglicht.

Folglich wird das faserverstärkte Kompositmaterial der vorliegenden Erfindung eine höhere Bindungsstärke gegenüber anderen Materialien aufweisen als herkömmliche faserverstärkte Kompositmaterialien und wird auch dahingehend verbessert sein, dass die thermische Leitfähigkeit in einer gewünschten Richtung selektiv erhöht wird.

Die zweidimensional verwobenen Gewebeschichten können miteinander durch Nadelstanzen oder Jetflowbehandlung verbunden werden.

Das faserverstärkte Kompositmaterial der vorliegenden Erfindung hat unterschiedliche Beladungen (Vf) der verstärkenden Fasern in deren jeweiligen Faserachsen.

Unter der Annahme, dass die Innenseite aus einem dreidimensional verwobenen, dreiachsigem orthogonal faserverstärkten Komposit besteht (nachfolgend als 3D-3A bezeichnet) und

eine Oberfläche der Außenseite im Wesentlichen aus einem dreidimensional verwobenen, einachsigen faserverstärkten Komposit besteht (als 3D-1A bezeichnet), beträgt beispielsweise Vf von 3D-3A 0,1 % bis 96 % in den X-, Y- bzw. Z-Faserachsen, bevorzugt 1 % bis 70 % und bevorzugter 3 % bis 60 %. Ebenso ist Vf von 3D-1A 0,1 % bis 96 %, bevorzugt 10 % bis 90 % und bevorzugter 10 % bis 70 %.

In diesem Fall können drei Vf-Werte von 3D-3A in den X-, Y- und Z-Faserachsen nicht identisch, sondern unterschiedlich sein. Die Gesamtheit der Vf-Werte beträgt üblicherweise weniger als 96 %, bevorzugt weniger als 80 % und bevorzugter weniger als 70 %.

Das faserverstärkte Kompositmaterial der vorliegenden Erfindung ermöglicht unterschiedliche physikalische Eigenschaften zwischen der Innenseite und der äußeren Oberflächenseite. Die physikalischen Eigenschaften beinhalten mechanische Eigenschaften, thermische Eigenschaften und elektromagnetische Eigenschaften.

Die mechanischen Eigenschaften sind Zugfestigkeit, Spannungselastizität, Kompressionsfestigkeit, Kompressionselastizität, Steifheit, Zwischenschichtsfestigkeit, Charpy-Kerbschlagzähigkeit und Kerbschlagzähigkeit gegenüber raschem Erwärmen oder Abkühlen.

Die thermischen Eigenschaften sind thermische Leitfähigkeit, thermische Ausdehnung und Wärmekapazität.

Die elektromagnetischen Eigenschaften sind elektrischer Widerstand, magnetischer Widerstand, Magnetisierung und Dielektrizität.

Die physikalischen Eigenschaften des faserverstärkten Kompositmaterials der vorliegenden Erfindung können für verschiedene Anwendungen geändert werden.

10.01.03

In einem bevorzugten Beispiel beträgt die thermische Leitfähigkeit des faserverstärkten Kompositmaterials, umfassend 3D-3A der Innenseite, orientiert in den axialen X-, Y- und Z-Richtungen, und 3D-1A einer der äußeren Oberflächen, kontinuierlich angeordnet mit den verstärkenden 3D-3A-Fasern entlang der X-Faserachse, 1 W/m K bis 1200 W/m K entlang der axialen X-Richtung von 3D-3A bei etwa Raumtemperatur, bevorzugt 10 W/m K bis 1200 W/m K oder bevorzugter 100 W/m K bis 1200 W/m K. Die thermische Leitfähigkeit entlang der axialen Y-Richtung beträgt 1 W/m K bis 1000 W/m K, bevorzugt 10 W/m K bis 800 W/m K oder bevorzugter 20 W/m K bis 700 W/m K und entlang der axialen Z-Richtung 1 W/m K bis 1000 W/m K, bevorzugt 10 W/m K bis 800 W/m K oder bevorzugter 20 W/m K bis 700 W/m K. Die thermische Leitfähigkeit von 3D-1A entlang der axialen X-Richtung für die Faserverstärkung beträgt 10 W/m K bis 1500 W/m K, bevorzugt 10 W/m K bis 1200 W/m K oder bevorzugter 100 W/m K bis 1200 W/m K.

In einem weiteren Beispiel beträgt die thermische Ausdehnung des faserverstärkten Kompositmaterials, vollständig gebildet durch 3D-3A und 3D-1A, auf 3D-3A bei etwa Raumtemperatur  $0,01 \times 10^{-6}$  bis  $20 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , bevorzugt  $0,01 \times 10^{-6}$  bis  $15 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  oder bevorzugter  $0,05 \times 10^{-6}$  bis  $12 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  entlang jeder der X-, Y- und Z-Richtungen.

Die thermische Ausdehnung von 3D-1A beträgt bei etwa Raumtemperatur  $0,01 \times 10^{-6}$  bis  $5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , bevorzugt  $0,01 \times 10^{-6}$  bis  $4 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  oder bevorzugter  $0,1 \times 10^{-6}$  bis  $4 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  in der X-Richtung und  $0,1 \times 10^{-6}$  bis  $25 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , bevorzugt  $1 \times 10^{-6}$  bis  $20 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  oder bevorzugter  $2 \times 10^{-6}$  bis  $10 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  in den Y- und Z-Richtungen.

In einem weiteren Beispiel beträgt die Wärmekapazität des faserverstärkten Kompositmaterials, vollständig bestehend aus 3D-3A und 3D-1A, auf 3D-3A bei etwa Raumtemperatur 5 bis 300 GPa entlang jeder der X-, Y- und Z-Richtungen. Die Wärmekapazität von 3D-1A beträgt bei etwa Raumtemperatur 50 bis 300 GPa in der X-Richtung und 1 bis 100 GPa in den Y- und Z-Richtungen.

### Erfindungsgemäße Wirkungen

Wie oben ausgeführt, liefert die vorliegende Erfindung ein faserverstärktes Kompositmaterial oder ein unidirektional faserverstärktes Kompositmaterial, das in dem Ausmaß bzw. in der Dimension der Faserverstärkung zwischen der Innenseite und der äußeren Oberflächenseite verändert ist, so dass die mechanischen und thermischen Eigenschaften zwischen der Innenseite und der äußeren Oberflächenseite unterschiedlich sind.

Das faserverstärkte Kompositmaterial der vorliegenden Erfindung kann als modernes, wärmeresistentes Material für Raumfahrtanwendungen in Schicht-, Säulen-, Stab-, Rohr-, T-, I-, Wabenform und anderen Formen verwendet werden.

### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Abb. 1 ist eine erläuternde Ansicht, die eine faserverstärkte Struktur eines faserverstärkten Kompositmaterials gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf die folgenden Beispiele ausführlicher beschrieben. Es versteht sich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die Beispiele beschränkt ist.

#### (Beispiel 1)

Durch Verweben von 3000 Pechkohlenstofffasern mit einem Durchmesser von 10 Mikrometer und einer Zugfestigkeit von  $40 \times 10^3$  kgf/mm<sup>2</sup> in drei axialen Faserrichtungen X, Y und Z, die in einem Vektorraum 90 ° zueinander angeordnet sind, wurde ein rechteckiger Faserblock mit 70 mm in der X-Faserachse, 70 mm in der Y-Faserachse und 500 mm in

der Z-Faserachse hergestellt. Insbesondere wurde ein Bereich, 15 mm tief von der äußereren Oberfläche von jeder Seite des Blocks entlang einer Ebene, definiert durch die Y- und Z-Faserachsen, mit einer Kombination der Pechkohlenstofffasern in der X-Richtung und Aramidfasern in den Y- und Z-Richtungen, die einen Durchmesser aufweisen, der dem der Pechkohlenstofffasern entspricht, hergestellt.

Die Beladung  $V_f$  der Fasern in dem Faserblock betrug  $V_{fx} = 30\%$ ,  $V_{fy} = 12\%$  und  $V_{fz} = 12\%$  entlang deren jeweiligen Richtungen.

Der Faserblock wurde mit Phenolharz, gelöst in einer Ethanollösung, imprägniert und getrocknet. Dieser Schritt wurde 10 mal wiederholt. Dann wurde der Faserblock bei 1000 °C unter einer Stickstoffatmosphäre bei einem Normaldruck karbonisiert und bei 2500 °C zu Graphit umgesetzt. Diese Schritte der Imprägnierung, Karbonisierung und Umsetzung zu Graphit wurden 8 mal wiederholt und der Block wurde schließlich in ein C/C-Komposit umgewandelt.

Die thermische Ausdehnung des C/C-Komposit entlang der Y-Faserachse betrug bei etwa Raumtemperatur  $0,5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  in der Innenseite der dreiachsigen Faserstruktur und  $4,0 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  in der äußereren Oberflächenseite der einachsigen Faserstruktur.

#### (Beispiel 2)

Durch Verweben von 1000 SiC-Fasern mit einem Durchmesser von 15 Mikrometer in den beiden X- und Y-Richtungen, in einer Vektorebene 90° zueinander angeordnet, wurde ein Leinengewebenetz mit 300 mm in der X-Faserachse auf 300 mm in der Y-Faserachse hergestellt. Insbesondere wurden die SiC-Fasern entlang der Y-Faserachse in zwei Randbereichen, 20 mm von beiden Enden des Netzes entfernt, durch Polyacrylnitrilkohlenstofffasern ersetzt, die einen Durchmesser aufweisen, der dem Durchmesser der SiC-Fasern entspricht, während die SiC-Fasern in der X-Faserachse verbleiben.

Das Netz wurde stromlos mit 20 Mikrometer metallischem Kupfer belegt. 30 der Netze wurden durch Vakuumheißpressen bei 900 °C laminiert und verbunden, um eine zweidimensional faserverstärkte Kupferstruktur mit einer Dicke von 30 mm zu bilden.

Die faserverstärkte Kupferstruktur wurde dann in einem Sauerstoffgas bei 600 °C erwärmt, um die Kohlenstofffasern auf den Oberflächen zu verbrennen und zu entfernen. Als Ergebnis wurde eine faserverstärkte Kupferstruktur erzeugt, bestehend aus den integriert bzw. vollständig laminierten Netzen.

Die feinere verstärkte Kupferstruktur hat nahe der Raumtemperatur eine thermische Ausdehnung entlang der Y-Faserachse von  $3,5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  in der Innenseite des zweiachsigen Gewebes und  $11,0 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  in der äußeren Oberflächenseite des einachsigen Gewebes.

### (Beispiel 3)

Durch Verweben von 9000 Pechkohlenstofffasern mit einem Durchmesser von 10 Mikrometer und einer Zugelastizität von  $70 \times 10^3 \text{ kgf/mm}^2$  entlang der X-Faserachse und 6000 Polyacrylnitril-(PAN)-Kohlenstofffasern mit einem Durchmesser von 7 Mikrometer und einer Zugelastizität von  $20 \times 10^3 \text{ kgf/mm}^2$  entlang den beiden Y- und Z-Faserachsen, wobei jede Achse in einem Vektorraum 90° zu der X-Faserachse angeordnet ist, wurde ein rechteckiger Faserblock von 1000 mm in der X-Faserachse, 100 mm in der Y-Faserachse und 500 mm in der Z-Faserachse hergestellt.

Insbesondere wurden die PAN-Fasern entlang den Y- und Z-Faserachsen in den zwei Randbereichen, 20 mm von beiden Enden entfernt, und einem 40 mm breiten zentralen Bereich, 480 bis 520 mm von jedem Ende einer Seite entlang der X-Faserachse entfernt, durch Fäden aus Baumwollgarn ersetzt, die einen Durchmesser aufweisen, der demjenigen der PAN-Fasern entspricht, während die PAN-Fasern in der X-Faserachse verbleiben.

16.01.03

Die Beladung  $V_f$  der Fasern in dem Faserblock betrug  $V_{fx} = 40\%$ ,  $V_{fy} = 10\%$  und  $V_{fz} = 12\%$  entlang den jeweiligen Faserachsen.

Der Faserblock wurde mit geschmolzenem Erdölpech imprägniert, um ein faserverstärktes Komposit zu erhalten. Das faserverstärkte Komposit wurde einer Hydrolyse mit 80 Mol-% konzentrierter Schwefelsäurelösung bei 70 °C unterzogen, um das Baumwollgarn mit Hydroxylgruppen zu entfernen. Das Ergebnis ist ein faserverstärktes Kompositmaterial, vollständig bestehend aus dreiachsig verstärkten Bereichen und einachsigen verstärkten Bereichen.

Dann wurde das faserverstärkte Kompositmaterial bei 800 °C unter eine Hochdruckargonatmosphäre bei 1000 kgf/cm<sup>2</sup> karbonisiert und bei 2500 °c zu Graphit umgesetzt. Diese Schritte der Imprägnierung, Karbonisierung und Umsetzung zu Graphit wurden 5 mal wiederholt und das Kompositmaterial wurde schließlich in ein C/C-Komposit umgewandelt.

Das C/C-Komposit umfasst das einachsige Gewebe in den zwei Randbereichen, 20 mm entfernt von beiden Enden, und dem 40 mm breiten Zentralbereich, 480 bis 520 mm entfernt von jedem Ende einer Seite entlang der X-Faserachse, und das dreiachsiges Gewebe in dem verbleibenden Bereich.

Das C/C-Komposit wurde in zwei Teile aufgetrennt, indem das Zentrum des 40 mm breiten Zentralbereichs, 480 bis 520 mm entfernt von dem Ende in der axialen X-Richtung, oder an einer 500 mm von dem Ende entfernten Stelle durchgeschnitten wurde. Das resultierende C/C-Kompositteil umfasst einachsig verstärkte Bereiche in den zwei Randbereichen, 20 mm entfernt vom Ende, und einen dreiachsig verstärkten Teil in dem 460 mm Zentralbereich. Das C/C-Kompositteil ist ein rechteckiger Block mit 500 mm in der Faserachse, 100 mm in der Y-Faserachse und 500 mm in der Z-Faserachse.

Die thermische Leitfähigkeit des C/C-Komposit entlang der X-Faserachse beträgt bei etwa Raumtemperatur 600 W/m K in der Innenseite und 800 W/m K in der äußerer Oberflächenseite.

#### (Beispiel 4)

15.000 Pechkohlenstofffasern wurden als Kettfaden ohne Abstände ausgerichtet. Ein Gemisch von Seide und Schmelzfaser, schmelzbar bei 80 °C, wurde als Schussfaden in Abständen von 10 mm über den Kettkohlenstofffasern verwoben, um eine unidirektional verwobene Kohlenstofffaserschicht bzw. einen unidirektional verwobenen Kohlenstofffaserbogen mit einer Stichdichte von 250 g/m<sup>2</sup> zu bilden.

Die Schicht wurde mit Phenolharz imprägniert. 10 Schichten wurden miteinander verbunden, um eine laminierte Struktur zu bilden. Die laminierte Struktur wurde dann bei 2 °C/Minute von Raumtemperatur auf 1000 °C erwärmt, um den Schussfaden im Wesentlichen zu modifizieren. Schließlich wird ein faserverstärktes Kompositmaterial für ein unidirektional faserverstärktes Komposit erzeugt, wie es als Vorform für eine faserverstärkte metallische Struktur verwendet wird.

#### (Beispiel 5)

12.000 Pechkohlenstofffasern wurden als Kettfaden ohne Abstände ausgerichtet. Ein Gemisch von Seide und Schmelzfaser, schmelzbar bei 80 °C, wurde als Schussfaden in Abständen von 10 mm über den Kettkohlenstofffasern verwoben, um eine unidirektional verwobene Kohlenstofffaserschicht mit einer Stichdichte von 200 g/m<sup>2</sup> zu bilden.

40 Schichten wurden miteinander verbunden und mit einem oder mehreren Bearbeitungswerkzeugen zusammengehalten und mit Erdölpech imprägniert, um eine laminierte Struktur zu erhalten. Die laminierte Struktur wurde dann bei 5 °C/Minute von Raumtemperatur auf

16.01.02

23

800 °C erwärmt, um den Schussfaden im Wesentlichen zu modifizieren. Daraus resultiert die Herstellung einer faserverstärkten Struktur für ein unidirektional faserverstärktes Komposit, wie es als Vorform für ein C/C-Komposit verwendet wird. Die faserverstärkte Struktur wurde mit Pech imprägniert, durch Erwärmen karbonisiert und zu Graphit umgesetzt. Diese Schritte wurden 3 mal wiederholt, um ein C/C-Komposit zu erhalten.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines C/C-Komposit, in dem die physikalischen Eigenschaften von zumindest einer inneren Schicht (2) und zumindest einer äußeren Schicht (1) unterschiedlich sind; das Verfahren umfassend:
  - (a) Herstellung einer Faserstruktur, umfassend verstärkende Fasern und nicht verstärkende Fasern, wobei die Anzahl der Faserachsen, welche durch die verstärkenden Fasern gebildet werden, zwischen zumindest einer äußeren Schicht (1) und zumindest einer inneren Schicht (2) unterschiedlich ist;
  - (b) Unterziehen der Faserstruktur einer physikalischen oder chemischen Behandlung, vor oder nach dem Imprägnieren mit einer Matrix, um die nicht verstärkenden Fasern im Wesentlichen zu entfernen oder zu modifizieren; und
  - (c) Karbonisieren der Matrix.
2. Verfahren nach Anspruch 1, in dem zumindest eine äußere Schicht (1) des hergestellten C/C-Komposit ein dreidimensionales, unidirektionales oder einachsiges, verstärkendes Fasergewebe und zumindest eine innere Schicht (2) ein dreidimensionales, zwei- oder dreiachsiges verstärkendes Fasergewebe aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die Faserstruktur in Form eines Bogens vorliegt, umfassend verstärkende Fasern als Kettfaden und nicht verstärkende Fasern als Schussfaden, wobei die Schicht mit einer Matrix imprägniert ist; und in dem eine Vielzahl der Faserbögen vor der Anwendung der physikalischen oder chemischen Behandlung zu einer laminierten Struktur geformt werden.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, in dem die Faserstruktur die verstärkenden Fasern in der inneren Seite (2) und die nicht verstärkenden Fasern in der äußeren Oberflächenseite (1) beinhaltet.

10.01.02

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, in dem die physikalische Behandlung eine thermische Behandlung ist.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, in dem die chemische Behandlung ausgewählt wird aus einer Säurebehandlung, alkalischen Behandlung und Oxidationsbehandlung.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, in dem die verstärkende Faser eine Kohlenstofffaser ist, die durch die physikalische oder chemische Behandlung im Wesentlichen nicht entfernt oder modifiziert wird.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, in dem die nicht verstärkende Faser ausgewählt wird aus organischen Fasern, Kohlenstofffasern und metallischen Fasern, die durch die physikalische oder chemische Behandlung im Wesentlichen entfernt oder modifiziert werden.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, in dem die Matrix ausgewählt wird aus organischen, keramischen, Kohlenstoff- und metallischen Materialien.
10. C/C-Komposit, umfassend in eine Matrix eingebettete verstärkende Fasern, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Faserachsen, welche durch die verstärkenden Fasern gebildet werden, zwischen zumindest einer inneren Schicht (2) und zumindest einer äußeren Schicht (1) unterschiedlich ist, wobei die physikalischen Eigenschaften der zumindest einen inneren Schicht und der zumindest einen äußeren Schicht voneinander verschieden sind.

97 303 143.8

EP 0 806 285

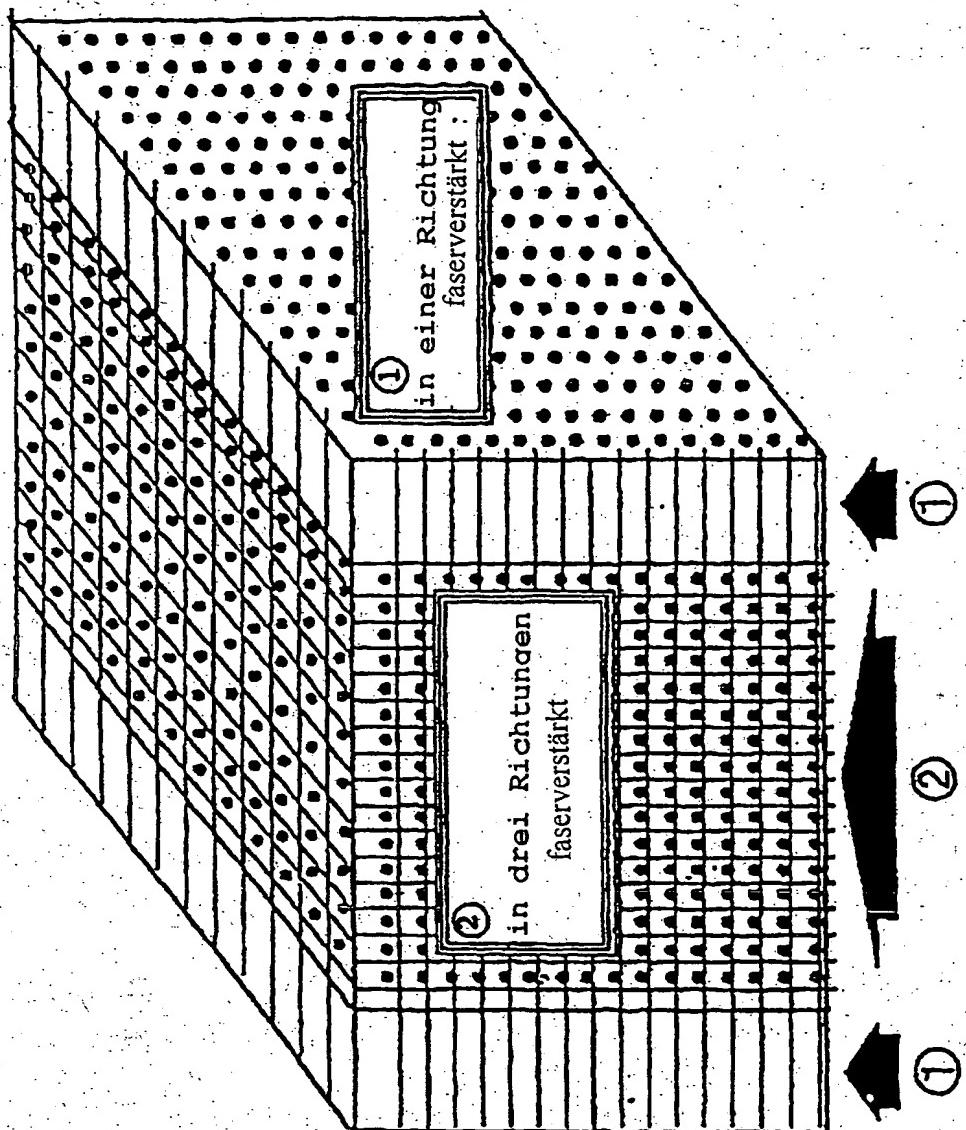


Abb. 1

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**